

ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА ЭЖЕКТОРОВ ДРОССЕЛЬНЫХ СТУПЕНЕЙ МАЛОТОННАЖНЫХ ОЖИЖИТЕЛЕЙ ПРИРОДНОГО ГАЗА

Тиховидов М. А.¹

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор кафедры Э4

Навасардян Е. С.¹

¹ Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана
mihail.tihovidov@yandex.ru

Введение

Малотоннажные установки сжижения природного газа занимают особое место в структуре современного энергетического комплекса. Вместе с тем именно в области малых производительностей наиболее отчётливо проявляется проблема энергоэффективности. Относительные потери возрастают, а удельные затраты на сжижение зависят от необратимости процессов цикла ожижения.

Основная часть

Значительная часть необратимых потерь в типовых малотоннажных схемах приходится на процесс дросселирования. Несмотря на конструктивную простоту, дроссельное расширение сопряжено с потерями энергии потока и исключает возможность рекуперации перепада давлений [1]. Следствием этого становятся ограничение глубины охлаждения, снижение выхода жидкой фракции и необходимость компенсации потерь за счёт дополнительного компримирования.

Перспективным направлением модернизации дроссельной ступени ожижителей является интеграция струйных аппаратов — эжекторов. Принцип действия эжектора основан на использовании кинетической энергии высоконапорного (активного) потока для откачки низконапорного (пассивного) потока с последующим частичным восстановлением давления смеси в канале диффузора [2]. Применительно к криогенной технике такая схема позволяет совместить функции расширительного устройства и нагнетателя, обеспечивая генерацию дополнительного холода при одновременном снижении нагрузки на компрессорное оборудование [3]. Эффективность дроссель-эжекторного узла определяется корректным согласованием уровней давлений, геометрией проточной части и учётом фазовых переходов, неизбежно возникающих при работе с двухфазными потоками в области криогенных температур.

Настоящее исследование посвящено сравнительной оценке (расчетной и экспериментальной) энергетических затрат малотоннажных ожижителей природного газа с одной и двумя дроссель-эжекторными ступенями. Основная задача состоит в определении коэффициента ожижения и удельных затрат энергии.

Выводы

В работе рассмотрены наиболее распространенные в промышленных ожижителях природного газа принципиальные схемные решения, проанализировано влияние ключевых режимных параметров и приведены результаты сопоставления вариантов. Сформулированы рекомендации, ориентированные на практическое применение при проектировании малотоннажных установок ожижения природного газа, сочетающих умеренную сложность с приемлемым уровнем энергоэффективности.

Литература

1. Архаров А.М., Семенов В.Ю., Лихачева Н.И., Исследование эффективных малотоннажных установок сжижения природного газа, М.: Инженерный журнал, 2019
2. Тиховидов М.А., Навасардян Е.С. Проблемы при расчете коэффициента эжекции эжекторов в циклах сжижения природного газа // Холодильная техника. - 2025. - Т. 114. - №2. - С. 69-76. doi: 10.17816/RF685733.
3. Сергеев С. С., Королёв Н. С., Корягина М. В., Зуев О. А. Малотоннажные ожижители СПГ. Опыт проектирования и эксплуатации (Small scale LNG liquefiers. Experience in design and operation) // Инновационное развитие технологий производства СПГ: сборник статей всероссийской научной конференции [Электронный ресурс]. — М.: РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, 2019. — С. 6–8.

_____ \Тиховидов М.А.

_____ \Наvasардян Е.С.